



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 36 972 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 02 B 6/34
G 02 B 5/18
G 02 B 27/44

⑲ Aktenzeichen: 100 36 972.3
⑳ Anmeldetag: 28. 7. 2000
㉑ Offenlegungstag: 29. 3. 2001

DE 100 36 972 A 1

③① Unionspriorität:
99-30833 28. 07. 1999 KR

⑦① Anmelder:
Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Kyonggi, KR

⑦④ Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
80538 München

⑦② Erfinder:
Kim, Se-yoon, Anyang, KR; Kim, Min-sung,
Sugnam, KR; Yoon, Shin-young, Suwon, KR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit geringer Polarisationsabhängigkeit und hierdurch hergestellte Langperiodenlichtleitergitter

⑤⑦ Es werden eine Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit geringer Polarisationsabhängigkeit und ein durch diese Einrichtung hergestelltes Langperiodenlichtleitergitter zur Verfügung gestellt. Die Einrichtung weist einen Lichtleiter auf, dessen eines Ende zumindest einmal in Bezug auf sein anderes Ende gedreht wurde, eine Ultraviolett-Laserquelle und eine über dem Lichtleiter angeordnete Amplitudenmaske zum Durchlassen von Licht, das von der Ultraviolett-Laserquelle ausgeht, wird in periodischen Entfernungsabständen. Bei der Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern wird der Brechungsindex eines Lichtleiterkerns dadurch gestört, daß UV-Licht auf einen verdrehten Lichtleiter eingestrahlt wird oder UV-Licht auf einen Lichtleiter eingestrahlt wird, der sich dreht, so daß isotrope Störungen des Brechungsindex erzeugt werden können, gesehen von der Gesamtlänge des Lichtleiters aus.

DE 100 36 972 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit geringer Polarisationsabhängigkeit, und hierdurch hergestellte Langperiodenlichtleitergitter.

Es ist bekannt, daß das Auftreten von Störungen in Bezug auf den Brechungsindex eines Lichtleiterkerns unter Verwendung eines UltraviolettLasers (UV-Lasers) eine Doppelbrechung innerhalb eines Lichtleiters hervorruft, infolge anisotroper Störungen des Brechungsindex vom Gesichtspunkt des Querschnitts des Kerns aus. 1994 untersuchten A. M. Vensarkar, Qian Zhong, Daryl Inniss, W. A. Reed, P. J. Lemaire, und S. G. Kosinski in "Birefringence reduction in side-written photoinduced fiber devices by a dual-exposure method", Optical Letters, Vol. 19, Seiten 1260-1262, daß die Doppelbrechung infolge einer geometrischen Asymmetrie in Bezug auf die Herstellungsbedingungen zum Aufstrahlen des UV-Lasers auf die Querseite eines Lichtleiters auftritt.

Fig. 1 zeigt eine Störung des Brechungsindex in Bezug auf eine Lichteinstrahlrichtung, wenn UV-Licht auf eine Seite eines Lichtleiters eingestrahlt wird. Das Bezugszeichen 100 bezeichnet einen Lichtleiter, das Bezugszeichen 101 den Brechungsindex eines Mantels, das Bezugszeichen 102 den Brechungsindex eines Kerns, auf welchen kein UV-Licht eingestrahlt wird, und das Bezugszeichen 103 bezeichnet den Brechungsindex des Kerns, wenn er mit UV-Licht bestrahlt wird. Aus Fig. 1 wird deutlich, daß der Brechungsindex eines Kerns entsprechend der Richtung der Einstrahlung von UV-Licht gestört wird.

Lichtleitergitter, die durch Störungen des Brechungsindex eines Lichtleiterkerns infolge der Bestrahlung mit UV-Licht hergestellt werden, verwenden ebenfalls ein asymmetrisches Bestrahlungsverfahren je nach den Umständen der Herstellung. Daher wird eine Polarisationsabhängigkeit hervorgerufen. Die Polarisationsabhängigkeit wird insbesondere schwerwiegend im Falle von Langperiodenlichtleitergittern, welche eine Brechungsindexstörung erfordern, die etwa zehn mal so groß ist wie jene bei Lichtleiter-Bragg-Gittern oder Kurzperiodenlichtleitergittern. Diese Eigenschaft führt zu einer Änderung der Einfügungsdämpfung infolge der Polarisierung eines Geräts, also zu einer polarisationsabhängigen Dämpfung (PDL) oder einer Polarisationsmodendispersion (PMD), was dazu führen kann, daß Langperiodenlichtleitergitter für Bauteile für die optische Kommunikation nicht geeignet sein können. Anders ausgedrückt führt die Einstrahlung von UV-Licht nur auf eine Seite eines Lichtleiters zu einem Doppelbrechungseffekt, bei welchem der Lichtleiter unterschiedliche Brechungsindizes entlang seiner Achse aufweist, so daß Langperiodenlichtleitergitter eine Polarisationsabhängigkeit aufweisen.

Fig. 2 ist ein Diagramm, welches PDL-Reaktionseigenschaften in Bezug auf die Wellenlängen herkömmlicher Langperiodenlichtleitergitter zeigt, und Fig. 3 ist ein Diagramm, welches eine Änderung der PDL in Bezug auf die Dämpfungsspitzenwerte herkömmlicher Langperiodenlichtleitergitter zeigt. Wie aus den Fig. 2 und 3 hervorgeht, nimmt bei der optischen Übertragung die PDL von Langperiodenlichtleitergittern mit Zunahme eines Dämpfungsspitzenwertes zu. Ein Langperiodenlichtleitergitter mit einem hohen Dämpfungsspitzenwert weist daher eine signifikant große PDL auf. Um die hohe PDL zu verringern ist eine Verringerung der Polarisationsabhängigkeit von Langperiodenlichtleitergittern erforderlich.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit geringer Polarisationsabhängig-

keit, wobei Ultraviolettlicht (UV-Licht) eingestrahlt wird, nachdem ein Ende eines Lichtleiters zumindest einmal in Bezug auf sein anderes Ende gedreht wurde.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit geringer Polarisationsabhängigkeit, wobei UV-Licht auf einen Lichtleiter eingestrahlt wird, dessen beide Enden mit derselben Geschwindigkeit gedreht werden.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern mit niedriger Polarisationsabhängigkeit, wobei UV-Licht auf einen Lichtleiter eingestrahlt wird, dessen beiden Enden festgehalten werden, und UV-Licht, das durch den Lichtleiter hindurchgegangen ist, axial so reflektiert wird, daß es erneut in den Lichtleiter eingestrahlt wird.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Langperiodenlichtleitergitters mit geringer Polarisationsabhängigkeit, welches durch die Herstellungseinrichtung hergestellt wird.

Zur Erzielung des ersten Vorteils stellt die vorliegende Erfindung eine Einrichtung zur Herstellung von Lichtleitergittern zur Verfügung, welche aufweist: einen Lichtleiter, dessen eines Ende zumindest einmal in Bezug auf das andere Ende gedreht wurde; eine Ultraviolettaserquelle; und eine Amplitudenmaske, die über dem Lichtleiter angeordnet ist, um Licht, das von der Ultraviolettaserquelle ausgesandt wird, in periodischen Entfernungsabständen durchzulassen.

Zur Erzielung des zweiten Vorteils stellt die vorliegende Erfindung eine Einrichtung zur Herstellung von Lichtleitergittern zur Verfügung, welche aufweist: einen Lichtleiterhalter zum Drehen beider Enden eines Lichtleiters mit derselben Geschwindigkeit, während beide Enden des Lichtleiters gehalten werden; eine Ultraviolettaserquelle; und eine Amplitudenmaske, die über dem Lichtleiter angeordnet ist, der durch den Lichtleiterhalter gedreht wird, zum Durchlassen ultraviolett Laserlichts, das von der Ultraviolettaserquelle ausgesandt wird, zu dem Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen.

Um den dritten Vorteil zu erzielen stellt die vorliegende Erfindung eine Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern zur Verfügung, welche aufweist: eine Ultraviolettaserquelle; eine über einem Lichtleiter angeordnete Amplitudenmaske, zum Durchlassen von Licht, das von der Ultraviolettaserquelle ausgesandt wird, an den Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen; und reflektierende Körper, die auf der anderen Seite des Lichtleiters als die Amplitudenmaske angeordnet sind, um Licht zu reflektieren, welches durch den Lichtleiter hindurchgegangen ist.

Zur Erzielung des vierten Vorteils stellt die vorliegende Erfindung ein Langperiodenlichtleitergitter zur Verfügung, das durch ein Verfahren hergestellt wird, welches umfaßt: Verdrillen eines Lichtleiters zumindest einmal; Einstrahlung von Licht auf den verdrillten Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen; und Rückgängigmachen der Verdrillung des Lichtleiters.

Zur Erzielung des vierten Vorteils stellt die vorliegende Erfindung weiterhin ein Langperiodenlichtleitergitter zur Verfügung, das durch ein Verfahren hergestellt wird, welches umfaßt: Drehen beider Enden eines Lichtleiters mit derselben Geschwindigkeit und Einstrahlen von Licht auf den Lichtleiter, der sich dreht, in periodischen Entfernungsabständen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 ein Diagramm mit einer Darstellung der Brechungsindexstörung in Bezug auf die Richtung der Lichteinstrahlung, wenn Ultraviolettlicht (UV-Licht) nur auf eine Seite eines Lichtleiters eingestrahlt wird;

Fig. 2 ein Diagramm, welches die Eigenschaften der polarisationsabhängigen Dämpfung (PDL) in Bezug auf die Wellenlängen bei herkömmlichen Langperiodenlichtleitergittern zeigt;

Fig. 3 ein Diagramm, welches eine Änderung der PDL in Bezug auf die Dämpfungsspitzenwerte herkömmlicher Langperiodenlichtleitergitter zeigt;

Fig. 4 ein Blockdiagramm, welches die Ausbildung einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Erläuterung einer Änderung des Brechungsindex, wenn die Verdrillung eines verdrehten Lichtleiters rückgängig gemacht wurde, nachdem ein Gitter auf dem verdrehten Lichtleiter hergestellt wurde;

Fig. 6A und 6B Diagramme, welche die Ergebnisse eines Versuchs zeigen, der bei einem herkömmlichen Langperiodenlichtleitergitter und einem Langperiodenlichtleitergitter gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurde;

Fig. 7 ein Blockdiagramm zur Erläuterung des Aufbaus einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 8 ein Blockdiagramm zur Erläuterung der Ausbildung einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

In Fig. 4 weist eine Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine UV-Laserquelle 400 auf, eine Linse 402, eine Amplitudenmaske 404, einen Lichtleiterhalter 408 und einen Lichtleiter 406, der durch den Lichtleiterhalter 408 verdreht wird. Vorzugsweise setzt ein Ende des Lichtleiterhalters 408 ein Ende des Lichtleiters 406 fest, und ist sein anderes Ende drehbar, so daß das andere Ende des Lichtleiters 406 verdreht werden kann.

Bei der Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern befestigt zuerst der Lichtleiterhalter 408 ein Ende des Lichtleiters 406 und dreht dessen anderes Ende, wodurch der Lichtleiter 406 verdreht wird. Vorzugsweise wird der gesamte Lichtleiter 406 gleichmäßig um 360° verdreht.

Die Linse 402 fokussiert UV-Licht, das von der UV-Laserquelle 400 ausgesandt wird. Die Amplitudenmaske 404 hat Lichtdurchlaßbereiche in periodischen Entfernungsabständen, und ist oberhalb des Lichtleiters 406 angeordnet. Daher läßt die Amplitudenmaske 404 Licht durch, welches durch die Linse 402 fokussiert wurde, und zwar durch die Lichtdurchlaßbereiche. Das durchgelassene Licht wird auf dem verdrehten Lichtleiter 406 aufgestrahlt. Das eingestrahelte Licht stört den Brechungsindex des Lichtleiters 406 entsprechend der Periode (umgekehrtes V) der Amplitudenmaske 404, wodurch ein Gitter ausgebildet wird. Hierbei wird eine Doppelbrechung innerhalb des Lichtleiters hervorgerufen, infolge der Brechungsindexstörungen des Lichtleiterkerns. Die erzeugte Doppelbrechung stört den tatsächlichen Brechungsindex n_{co} des Kerns und die Kopplungskonstante κ des Kerns, gemäß folgender Gleichung 1:

$$\lambda_p = (n_{co} - n_{cl}^{(n)})\Lambda$$

$$P_{cl}^{(n)} = \sin^2(\kappa L) \quad (1)$$

wobei λ_p die Wellenlänge des Spitzenwertes eines Langpe-

riodenlichtleitergitters bezeichnet, Λ die Periode eines Langperiodenlichtleitergitters, n_{co} den tatsächlichen Brechungsindex eines Kerns, $n_{cl}^{(n)}$ den tatsächlichen Brechungsindex einer n-ten Mode eines Mantels, $P_{cl}^{(n)}$ ein Kopplungsverhältnis der Leistung zur n-ten Mantelmode bei der Wellenlänge eines Spitzenwertes, κ eine Kopplungskonstante, und L die Länge eines Gitters, so daß sich das Spektrum eines Langperiodenlichtleitergitters entsprechend der Polarisation des Einfalllichtes ändert.

Es ist daher erforderlich, den Lichtleiter 406 immun gegenüber der Polarisation auszubilden. Hierzu wird gemäß der vorliegenden Erfindung ein Ende des Lichtleiters 406 festgesetzt, und wird dessen anderes Ende zumindest einmal so gedreht, daß der Lichtleiter um 360° verdreht wird, wie dies voranstehend beschrieben wurde. Wenn wie voranstehend geschildert ein Ende eines Lichtleiters gedreht wird, ist es wesentlich, den Lichtleiter ordentlich festzuhalten, um einen Schlupf innerhalb des Lichtleiterhalters 408 zu verhindern. Sobald der Lichtleiter verdreht wurde, wird auf dem verdrehten Lichtleiter ein Gitter erzeugt, dann wird die Verdrillung des verdrehten Lichtleiters rückgängig gemacht, und tauchen spiralförmige Störungen des Brechungsindex in dem Kern auf. Daher tritt bei dem Gitter eine Abhängigkeit von dem speziellen Polarisationszustand des Lichts auf. Fig. 5 erläutert schematisch eine spiralförmige Störung des Brechungsindex, wenn die Verdrillung eines verdrehten Lichtleiters rückgängig gemacht wird, nachdem ein Gitter auf dem verdrehten Lichtleiter erzeugt wurde.

Aus Fig. 5 wird deutlich, daß die spiralförmige Störung des Brechungsindex auf dem Querschnitt des Kerns des Lichtleiters 406 in Bezug auf die Gesamtlänge isotrop erscheint.

Die Fig. 6A und 6B zeigen die Ergebnisse eines Versuchs, der bei einem herkömmlichen Langperiodenlichtleitergitter sowie einem Langperiodenlichtleitergitter gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurde. Fig. 6A zeigt die Ergebnisse der Messungen der PDL in Abhängigkeit von der Wellenlänge. Aus Fig. 6A wird deutlich, daß die PDL bei der vorliegenden Erfindung signifikant verringert ist, verglichen mit der PDL beim Stand der Technik, innerhalb eines Bereiches gemessener Wellenlängen.

Fig. 6B zeigt die Ergebnisse von Messungen der PDL in Bezug auf einen Dämpfungsspitzenwert. In Fig. 6B beträgt die PDL beim Stand der Technik bei einem Dämpfungsspitzenwert von 22,1 dB 1,83 dB, und beträgt die PDL bei der vorliegenden Erfindung bei einem Dämpfungsspitzenwert von 24,5 dB 0,79 dB, woraus hervorgeht, daß die PDL um 1 dB oder mehr verringert wurde. Es wird deutlich, daß die PDL bei der vorliegenden Erfindung im allgemeinen auf zumindest 60% der PDL beim Stand der Technik absinkt, und daß der Unterschied der PDL zwischen der vorliegenden Erfindung und dem Stand der Technik zunimmt, wenn der Dämpfungsspitzenwert zunimmt.

Fig. 7 ist ein Blockdiagramm, welches den Aufbau einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern erläutert, und zwar gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Einrichtung gemäß Fig. 7 weist eine UV-Laserquelle 700 auf, eine Linse 702, eine Amplitudenmaske 704, einen Lichtleiter 710 und einen Lichtleiterhalter 712.

Der Betriebsablauf bei der UV-Laserquelle 700, der Linse 702 und der Amplitudenmaske 704 ist ebenso wie bei ihren Gegenstücken in Fig. 4, mit Ausnahme der Tatsache, daß sich bei Enden des Lichtleiterhalters 712 zum Haltern beider Enden des Lichtleiters 710 mit derselben Geschwindigkeit drehen können, und sich daher der Lichtleiter 710 mit konstanter Geschwindigkeit drehen kann. Daher wird der Lichtleiter 710 infolge der Drehung des Lichtleiterhalters 712 ge-

dreht, und wird UV-Laserlicht, das durch die Amplitudenmaske 704 hindurchgegangen ist, auf den sich drehenden Lichtleiter 710 aufgestrahlt, so daß das Brechungsindexprofil des Kerns des Lichtleiters 710 in Richtung senkrecht zur Achse des Kerns isotrop ist, also im Querschnitt des Kerns des Lichtleiters 710.

Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, welches den Aufbau einer Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. Die Einrichtung gemäß Fig. 8 weist eine UV-Laserquelle 800 auf, eine Linse 802, eine Amplitudenmaske 804, einen Lichtleiter 812 und reflektierende Körper 814. Die reflektierenden Körper 814 sind auf der der Amplitudenmaske 804 entgegengesetzten Seite des Lichtleiters 812 angeordnet.

Der Betriebsablauf bei der UV-Laserquelle 800, der Linse 802 und der Amplitudenmaske 804 ist ebenso wie bei ihren Gegenständen in Fig. 4, mit Ausnahme der Tatsache, daß dann, wenn Licht, das durch die Amplitudenmaske 804 hindurchgegangen ist, auf den Lichtleiter 812 einfällt, jenes Licht, das durch den Lichtleiter 812 hindurchgegangen ist, durch die reflektierenden Körper 814 reflektiert wird, und erneut auf den Lichtleiter eingestrahlt wird, so daß sich der Brechungsindex des Kerns des Lichtleiters 812 isotrop ändert, in Bezug auf den Querschnitt des Kerns des Lichtleiters 812.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird bei der Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern der Brechungsindex eines Lichtleiterkerns dadurch gestört, daß UV-Licht auf einen verdrehten Lichtleiter eingestrahlt wird, oder UV-Licht auf einen Lichtleiter eingestrahlt wird, während der Lichtleiter gedreht wird, so daß sich das Brechungsindexprofil des Kerns des Lichtleiters so ausmittelt, daß es über die Länge des Gitters isotrop wird. Daher kann ein Langperiodenlichtleitergitter erhalten werden, welches weniger von der Polarisation abhängig ist als beim Stand der Technik.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern, welche aufweist:
einen Lichtleiter, dessen eines Ende zumindest einmal in Bezug auf sein anderes Ende gedreht wurde;
eine Ultraviolett-Laserquelle; und
eine Amplitudenmaske, die über dem Lichtleiter angeordnet ist, um Licht, das von der Ultraviolett-Laserquelle ausgesandt wird, in periodischen Entfernungsabständen durchzulassen.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtleiter weiterhin einen Lichtleiterhalter zum Befestigen eines Endes des Lichtleiters und zum Drehen des anderen Endes des Lichtleiters zumindest einmal in Bezug auf das feste Ende des Lichtleiters aufweist, während das gedrehte Ende des Lichtleiters gehalten wird.
3. Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern, welche aufweist:
einen Lichtleiterhalter zum Drehen beider Enden eines Lichtleiters mit derselben Geschwindigkeit, während beide Enden des Lichtleiters gehalten werden;
eine Ultraviolett-Laserquelle; und
eine Amplitudenmaske, die über dem Lichtleiter angeordnet ist, der durch den Lichtleiterhalter gedreht wird, zum Durchlassen ultravioletten Laserlichts, das von der Ultraviolett-Laserquelle ausgesandt wird, an den Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen.
4. Einrichtung zur Herstellung von Langperiodenlichtleitergittern, welche aufweist:

eine Ultraviolett-Laserquelle;
eine über einen Lichtleiter angeordnete Amplitudenmaske zum Durchlassen von Licht, das von der Ultraviolett-Laserquelle ausgesandt wird, an den Lichtleiter in periodischen Abstandsabständen; und
reflektierende Körper, die auf der der Amplitudenmaske entgegengesetzten Seite des Lichtleiters angeordnet sind, zum Reflektieren von Licht, das durch den Lichtleiter hindurchgegangen ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines Langperiodenlichtleitergitters mit folgenden Schritten:
Verdrillen eines Lichtleiters zumindest einmal
Einstrahlen von Licht auf den verdrehten Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen; und
Rückgängigmachen der Verdrillung des Lichtleiters.

6. Verfahren zur Herstellung eines Langperiodenlichtleitergitters mit folgenden Schritten:
Drehen beider Enden eines Lichtleiters mit derselben Geschwindigkeit und
Einstrahlen von Licht auf den sich drehenden Lichtleiter in periodischen Entfernungsabständen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

BEST AVAILABLE COPY

FIG. 1

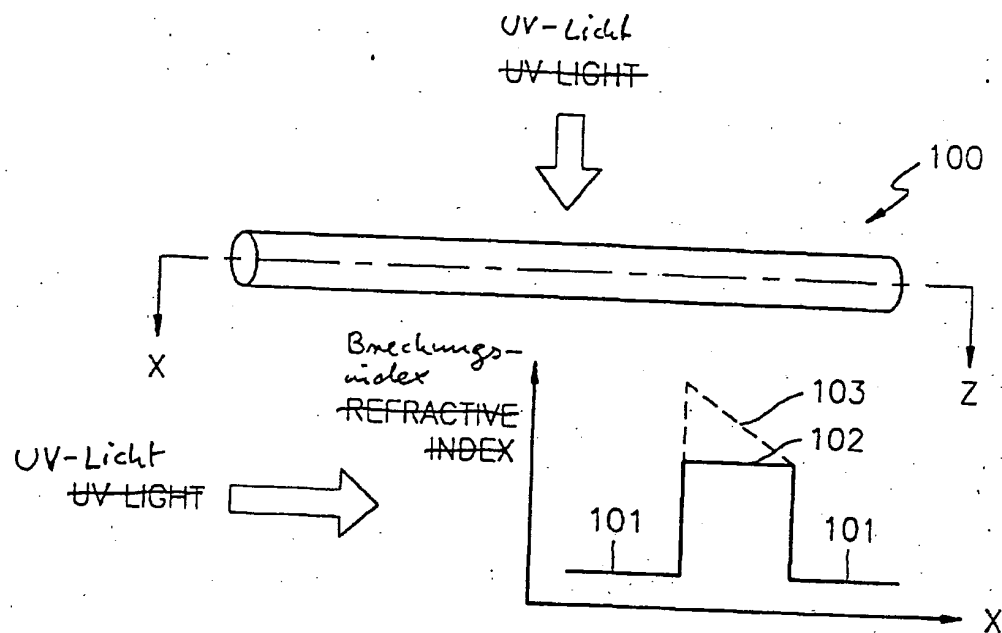


FIG. 2 (PRIOR ART)

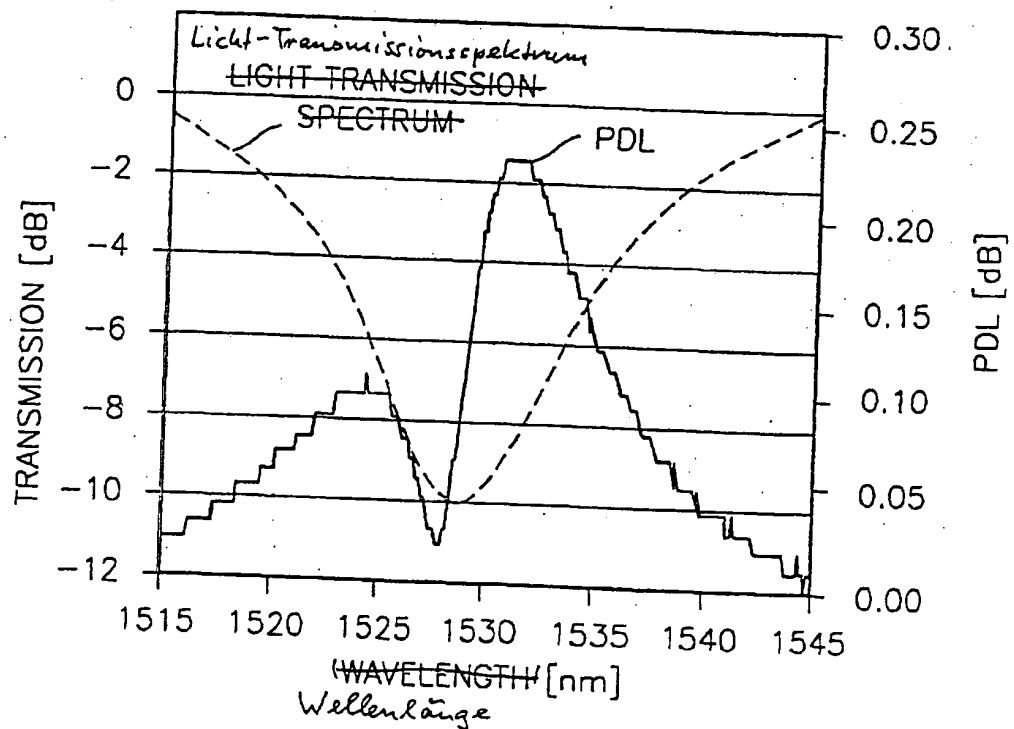


FIG. 3 (PRIOR ART)

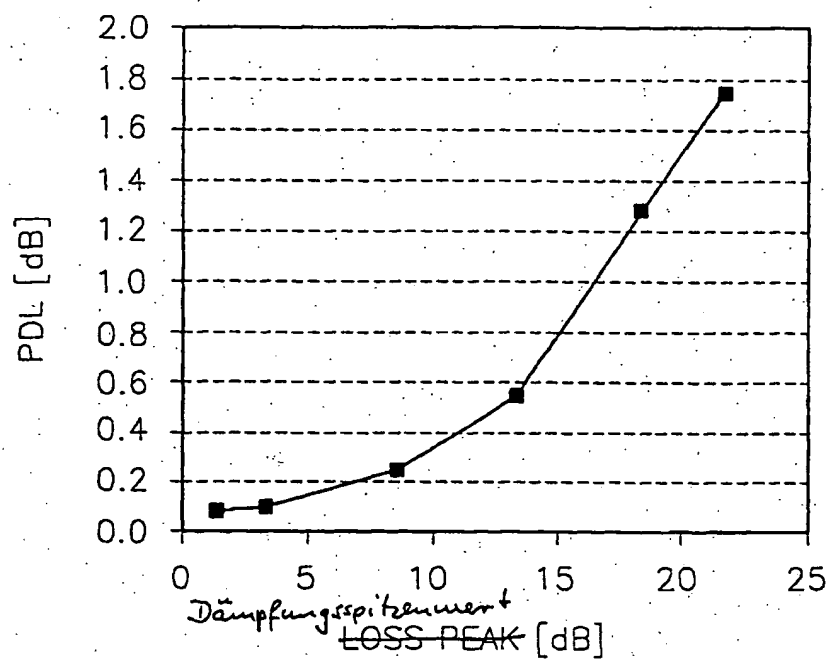


FIG. 4

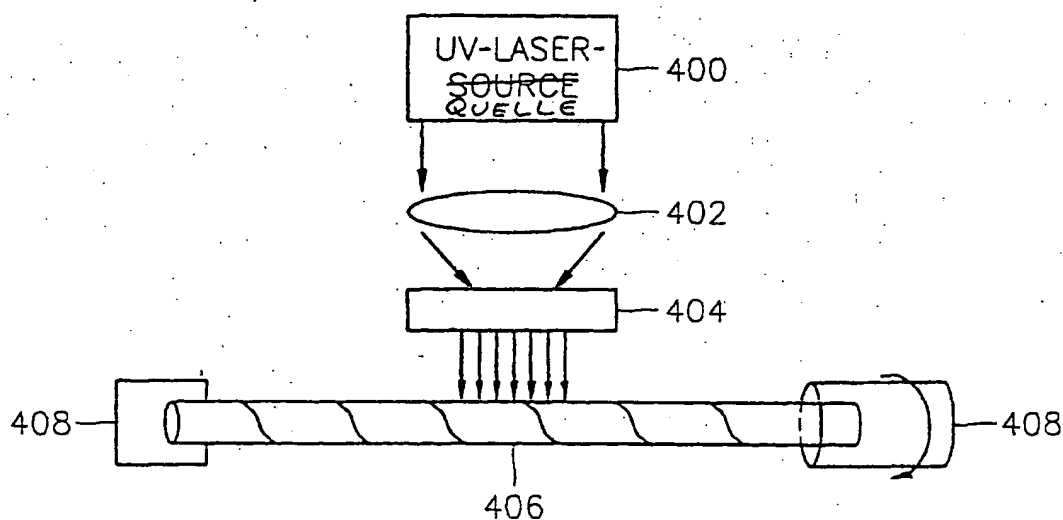


FIG. 5



FIG. 6A

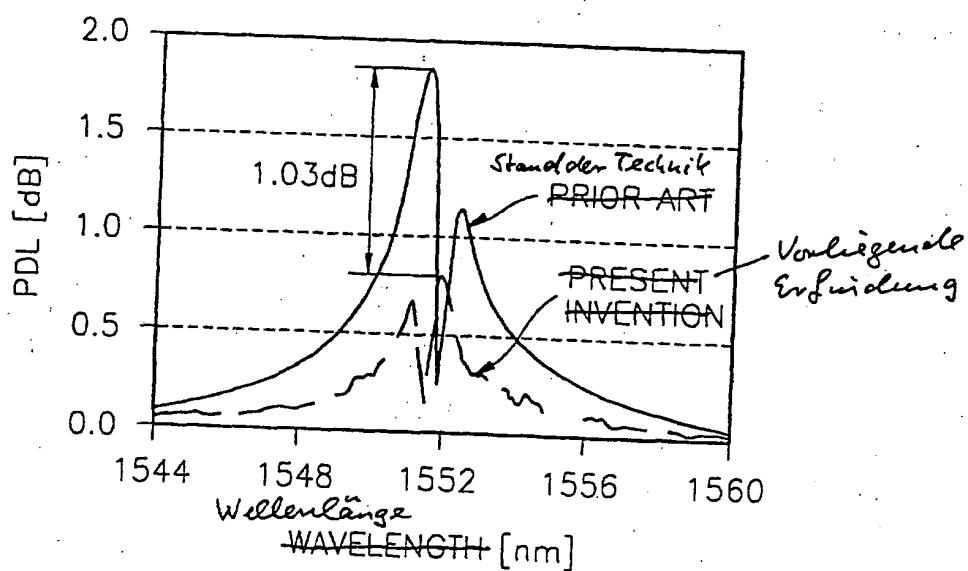


FIG. 6B

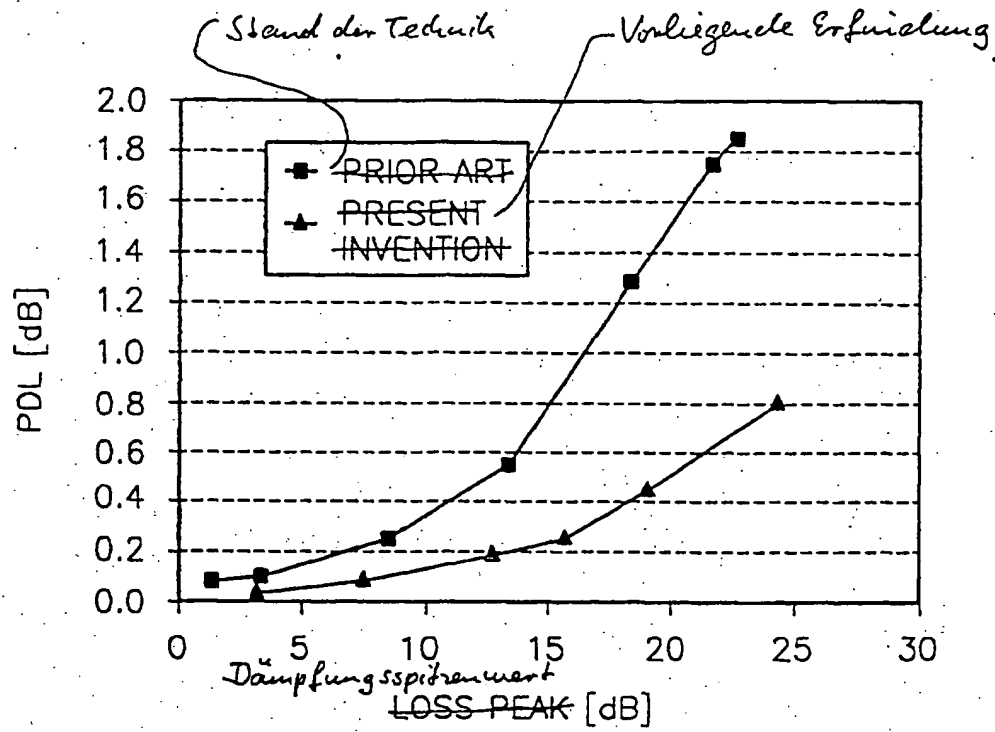


FIG. 7

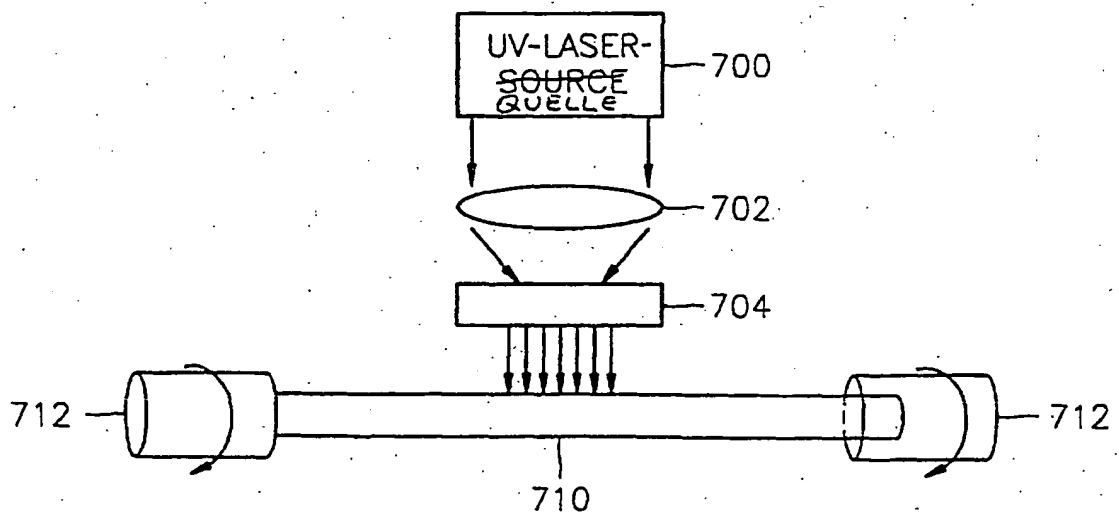


FIG. 8

